

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Využití ergonomie pro zlepšování procesů

Using Ergonomics to Improve Processes

Student:

Pavel Svák

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Vladimíra Schindlerová

Ostrava 2011

Zadání bakalářské práce

Student:

Pavel Svák

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2301R040 Průmyslové inženýrství

Téma:

Využití ergonomie pro zlepšování procesů
Using Ergonomics to Improve Processes

Zásady pro vypracování:

1. Historie ergonomie.
2. Přehled ergonomických metod.
3. Specifikace problémového pracoviště.
4. Návrh řešení za pomoci simulace ergonomie.
5. Zhodnocení výsledků řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

LÍBAL, V. a kol. *Organizace a řízení výroby*. ANTL Praha, 1989, ISBN 80-03-00050-5
CHUNDELA, L. *Ergonomie*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2001, ISBN 80-01-02301
GILBERTOVÁ, S., MATOUŠEK, O. *Ergonomie: optimalizace lidské činnosti*. Grada Publishing, 2002, ISBN 80-247-0226-6

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vladimíra Schindlerová**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011


prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....19. 5. 2011.....

.....*Michal Pavel*.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3.).
- souhlasím s tím, že bakalářské práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 19. 5. 2011

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: PAVEL SVÁK

Adresa trvalého pobytu autora práce: OLOMOUČ MEDVĚZÍ, JILEMNICKEHO 70/12

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

SVÁK, P. *Využití ergonomie pro zlepšování procesů: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2011, 44 s. Vedoucí práce: Ing. Schindlerová, V.

Bakalářská práce se zabývá optimalizací pracovního prostředí ve strojírenském podniku s využitím znalostí ergonomie. Cílem je vylepšení pracovního místa, které představuje pracoviště lisu pro tvarování drobných výlisků. Základním problémem bylo nevyhovující pracovní prostředí pracovníka u lisu. Celé pracoviště neodpovídalo zásadám ergonomie. Navržené řešení bylo následně rozpracováno a ověřeno v simulačním programu. Výsledkem práce je návrh pracoviště, které odpovídá požadavků na dané pracovní místo a také vede ke zvýšení produktivity.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

SVÁK, P. *Using Ergonomics to Improve Processes: bachelor thesis*. Ostrava: VŠB – TU of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2011, 44 p. Thesis head: Ing. Schindlerová, V.

This bachelor thesis deals with the optimization of the working environment in an engineering company, using knowledge of ergonomics. The aim is to improve the job that is working the press for forming small stampings. The basic problem was the poor working environment for workers of the press. The entire work did not comply with the principles of ergonomics. The proposed solution was subsequently developed and validated in the simulation program. The result is a work of design work, which corresponds to the requirements of the job and also leads to increased productivity.

Obsah bakalářské práce

1 ÚVOD	8
2 HISTORIE ERGONOMIE.....	9
2.1 POČÁTKY HISTORIE V ERGONOMII.....	9
2.2 ERGONOMIE	12
3 PŘEHLED ERGONOMICKÝCH METOD	13
3.1 METODY SBĚRU INFORMACÍ O PRACOVNÍ ČINNOSTI	13
3.2 METODY HODNOCENÍ PRACOVNÍ ZÁTĚŽE	13
3.3 METODY POUŽÍVANÉ PŘI PROJEKTOVÁNÍ A RACIONALIZACI PRACOVÍŠŤ	16
3.4 METODY HODNOCENÍ PRACOVNÍCH PROSTŘEDKŮ.....	16
3.5 METODY HODNOCENÍ FAKTORŮ PRACOVNÍHO PROSTŘEDÍ	18
3.6 MĚŘENÍ HLUKU A ULTRAZVUKU	18
3.7 MĚŘENÍ OSVĚTLENÍ	19
3.8 MĚŘENÍ TEPELNĚ-VLHKOSTNÍHO MIKROKLIMA	20
4 SPECIFIKACE PROBLÉMOVÉHO PRACOVÍŠTĚ	21
4.1 PRÁCE V SEDĚ	21
4.2 PRACOVNÍ PLOCHA	22
4.3 POHON	23
4.4 VÝROBNÍ MNOŽSTVÍ	24
5 NÁVRH ŘEŠENÍ ZA POMOCÍ SIMULACE ERGONOMIE.....	25
5.1 VZNIK	25
5.2 TECNOMATIX JACK	25
5.3 SIMULACE V TECNOMATIX JACK	28
5.3.1 Tvorba virtuálního prostředí	28
5.3.2 Vytvořte virtuální lidskou postavu.....	29
5.3.3 Definujte velikost a tvar lidské postavy.....	29
5.3.4 Umístěte postavu do daného prostředí.....	30
5.3.5 Zadejte postavě úkoly	31
5.3.6 Analyzujte výkon postavy.....	32
5.4 VLASTNÍ NÁVRH SIMULACE	33
6 ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ ŘEŠENÍ.....	37
6.1 NÁVRH NA ZLEPŠENÍ PRÁCE V SEDĚ	37
6.2 NÁVRH NA ÚPRAVU PRACOVNÍ PLOCHY	38
6.3 NÁVRH NA ZMĚNU POHONU	39
6.4 NÁVRH NA ZVÝŠENÍ VÝROBNÍHO MNOŽSTVÍ	39
7 ZÁVĚR	41
8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	43

Seznam použitého značení

Seznam použitých indexů

Značka	Jednotka	Veličina
P_1	[s/ks]	Čas na výrobu 10 kusů
P_2	[s/ks]	Čas na výrobu 10 kusů
T	[s]	Hodina
T_1	[s]	Výrobní čas
T_2	[s]	Výrobní čas
Q	[ks]	Množství
Q_1	[ks]	Výrobní množství za 1 hodinu
Q_2	[ks]	Výrobní množství za 1 hodinu
X	[%]	Zvýšení produktivity

Seznam použitých zkratk odborných termínů

Zkratka	Znění zkratky	Význam
BOZP		Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CAD	Computer aided design	počítačem podporované navrhování
RGB	red-green-blue	typ formátu obrázků
AVI	audio video interleave	typ formátu videa
SAE	Society of Automotive Engineers	Společ. inženýrů auto průmyslu
Ansur	anthropometric survey	antropometrický výzkum

1 Úvod

Bakalářská práce se zabývá otázkou ergonomie pro zlepšení pracovního místa ve strojírenském podniku. Ergonomie se snaží dosáhnout přizpůsobení pracovních podmínek výkonnostním možnostem člověka. Cílem je, aby používané předměty a nástroje svým tvarem co nejlépe odpovídaly pohybovým možnostem případně rozměrům lidského těla. Například vhodně navržená židle má tvarem sedáku sedícímu napomoci, aby seděl vzpřímeně, a předcházet tak křivení páteře.

V praktické části se zabývám zlepšením pracovního místa z hlediska ergonomie ve strojírenském podniku, stávající podmínky jsou totiž z ergonomického hlediska nevyhovující.

Mezi nevhodné prvky pracoviště patří zejména pracovní židle, chybějící boxy na materiál. Dále nevyhovuje pracovní plocha a průběžný motor, který je použit jako pohon, a proto je na lisu zpracováván materiál pouze po jednom kuse.

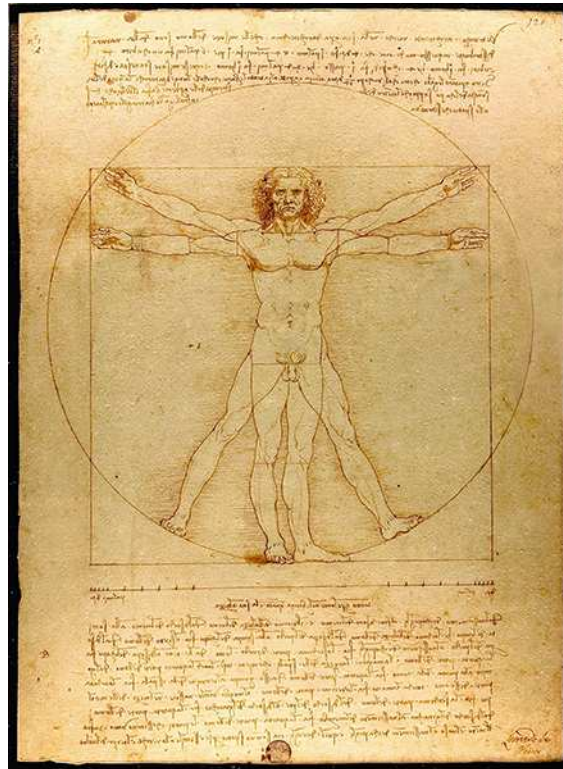
V celé práci používám obecný výraz „strojírenský podnik“ z důvodu, že podnik, pro který jsem zadaný problém řešil, si nepřál být uveřejněn.

2 Historie ergonomie

2.1 Počátky historie v ergonomii

Počátky ergonomie můžeme vysledovat už v ranných fázích vývoje lidstva, v souvislosti s vývojem pracovních činností člověka. Již pračlověk si uvědomoval, že si musí upravit pracovní nástroj tak, aby mu vyhovoval. Úpravou náradí, zbraní či nástrojů, a to jak zvolenými rozměry, tvarem či hmotností, se v podstatě přizpůsobovali člověku. S vývojem techniky, různými specializacemi a dělbou práce docházelo k dalšímu postupnému zlepšování. Prostředí i nástroje si upravovali řemeslníci sami, v závislosti na svém vkusu a umění. Ve vrcholném středověku převažovalo předávání zkušeností a dovedností z otce na syna, později se však začaly rozvíjet mistrovské školy, takže předávání zkušeností již probíhalo z mistra na tovaryše. [1]

V 16. a 17. století byl velký boom přírodních věd, vzniklý na základě prudkého rozvoje dopravy, průmyslu, stavitelství i výroby zbraní. Například Leonardo da Vinci (1452 – 1519) se zabýval konstrukcí dynamometru, generál Sébastien Le Prestre Vauban (1633 – 1707) dospěl k závěru, že v létě může člověk pracovat 10 hodin, kdežto v zimě jen 7 hodin, geometr Philippe de La Hire (1640 – 1718) měřil výkon člověka při opevňovacích pracích, architekt Bernard Forest de Belidor (1698 – 1761) prováděl časové studie při práci. Otázku maximálního výkonu a pracovní doby řešil také fyzik Charles-Augustin de Coulomb (1736 – 1806), který určil maximum práce na 8 hodin denně, a také zjistil, že průměrný člověk může unést 62,7 kg do vzdálenosti 17 km. Byl také prvním, který spočítal pracovní výkon podle množství spotřebovaného kyslíku. [3] [4] [5]



Obr. 1 Vitruve Luc Viatour [4]

Výroba se stále více blížila od řemeslné k centralizované výrobě. Ke konci 17. století začali vznikat manufaktury, koncem 18. století vzniká přechod z manufaktury k výrobě v továrnách. Průmyslová revoluce pak přinesla řadu změn. Zaváděla se centralizovaná výroba, kdy dělník si již nevyrábí sám pracovní nástroje a odděluje se výroba od uživatelů nástrojů a strojů. Produkce univerzálních a jednotných nástrojů narušila ergonomický vztah člověk-stroj. V tomto období také začala vznikat konkurence a soutěživost výrobců na trhu. Z tohoto důvodu byla v továrnách stále větší snaha co nejvíce využít lidských zdrojů bez ohledu na jejich potřeby a možnosti. I když byla pracovní síla v té době levná a snadno dostupná, přesto se koncem 19. století objevily názory, že pro maximální využití lidských zdrojů je nutné upravovat také pracovní prostředí a režimy. [5]

Po skončení první světové války vznikl ve výzkumu lidské práce nový směr se dvěma vědními obory – s fyziologií a psychologií. Ani vnější podmínky pracovní činnosti nezůstávají bez povšimnutí. Studují se vlivy osvětlení, čistoty vzduchu, teploty, hluku a dalších faktorů okolí na lidský organismus. Psychologie byla

zaměřena na vyšetřování duševních schopností a předpokladů člověka pro tu či onu práci. Hlavní části psychotechnického šetření byly rozbor práce, doporučení pro její racionalizaci, zjišťování schopností člověka a především výběr uchazečů pro různá povolání. [5]

Dalším důležitým obdobím bylo období meziválečné ve 20. století. Kdy se rozvinula psychotechnika, která zkoumala psychologické vlastnosti člověka, dle kterých lze určovat výběr pracovníků pro určité profesní obory. V souvislosti s psychotechnikou se také začala rozvíjet psychologie práce a zvýšil se zájem o studium bezpečnosti práce a pracovního prostředí.

V průběhu 2. světové války se pro válečné účely začaly využívat nové zbraňové systémy a stroje, na jejichž ovládání se kladly vysoké požadavky. Po 2. světové válce se i nadále rozvíjelo studium systému člověk-stroj-pracovní prostředí, neboť konstrukce pokročilých zbraní a obranných systémů, jaderné energetiky a průmyslu kladou vysoké požadavky na minimalizaci lidských chyb. Požadavky na zvýšenou spolehlivost a přesnost výkonu člověka proto vedly k vývoji nových analytických metod a přístupů. Soutěžení velmocí se kromě zbrojení odehrávalo i na poli dobývání vesmíru. Konstrukce vesmírné techniky a kosmického výzkumu zásadním způsobem stál na spolehlivosti pracovních výkonů, čemuž postupně napomáhala stále častěji využívaná automatizace a ke konci století také mikroelektronika. Díky velkým průmyslovým haváriím se automatizace postupně přesouvala i do vývojového průmyslu. [1]

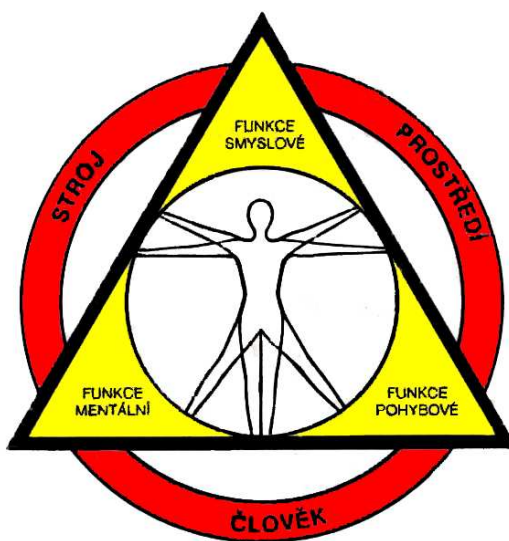
Na přelomu 20. a 21. století převažuje v oblasti ergonomie rozvoj pokročilých systémů automatického řízení, automatika a výpočetní technika. S tím souvisejí i pracovní rizika. Důraz je kladen především na pracovní pohodu pracovníků a bezpečnost civilní dopravy (letectví, železnice, silnice).

2.2 Ergonomie

Slovo ergonomie pochází ze složeniny dvou řeckých slov, a to ergon = práce a nomos = zákon. Ergonomie je věda, která se zabývá optimalizací lidské činnosti, a to především vhodnými rozměry a tvary. [4]

Podle definice je ergonomie disciplína, jejímž cílem je dosáhnout přizpůsobení pracovních podmínek výkonnostním možnostem člověka; tento vědní obor integruje a využívá poznatky humanitních věd (zejména psychologie práce, fyziologie práce, hygieny práce, antropometrie, biomechaniky) a věd technických (např. vědy o řízení, kybernetiky, normování atd.). [4]

Cílem ergonomie je, aby používané předměty a nástroje svým tvarem co nejlépe odpovídaly pohybovým možnostem případně rozměrům lidského těla. Například vhodně navržená židle má tvarem sedáku sedícímu napomoci, aby seděl vzpřímeně, a předcházet tak křivení páteře. Podobný význam může mít i výška židle atd. Ergonomie se například zabývá umístěním a tvarem ovládacích prvků strojů a zařízení. Pro optimalizaci práce s počítačem stanovuje například vhodný maximální počet pohybů prstů při ovládání klávesnice a zabývá se i uspořádáním prvků na obrazovce. [4]



Obr. 2 Ergonomie [5]

3 Přehled ergonomických metod

Použití určitých metod je závislé na charakteru řešeného problému. Proto uváděné metody jsou tříděny do skupin z hlediska oblastí jejich možné aplikace.

3.1 Metody sběru informací o pracovní činnosti

Základní vstupní údaje se získávají z provozně-technické nebo výrobně-technologické dokumentace, z výsledků pozorování, měření, rozhovorů apod., které se tak stávají podkladem pro tvorbu a rozborů účelově zaměřených metod.

Do této kategorie metod lze zařadit:

- časové studie (snímek pracovního dne, snímek operace, momentkové pozorování...),
- pohybové studie (grafické záznamy, cyklogramy...),
- profesiografie (sestavování celkového popisu pracovní činnosti),
- postupy řízeného rozhovoru, dotazníky, ankety apod.,
- technika kritických událostí (odhalování chyb a nebezpečných rizik),
- odebírání vzorků bezpečnosti práce (sledování nebezpečných pracovních postupů – úroveň úrazovosti...). [5]

3.2 Metody hodnocení pracovní zátěže

Pracovní zátěž, jejíž příčiny jsou dány obsahem a charakterem pracovních úkonů, pracovními prostředky, fyzikálně chemickými i některými sociálními faktory, je vždy výslednicí vzájemného působení všech vnějších okolností na straně jedné a osobnosti člověka – jeho zdravotním stavu, připravenosti, výkonové kapacity a ostatních charakteristikách na straně druhé.

Vnější podmínky práce (tj. pracovní předmět a pracovní prostředek) společně s podmínkami prostředí určují stupně nároku na svalovou, senzorickou a mentální

činnost a v souhrnu představují objektivní zdroje zátěže. Subjektivními zdroji zátěže je pak pracovně výkonová připravenost konkrétního individua pro danou činnost. Jsou-li obě tyto složky v rovnováze, může mít zátěž pozitivní vliv, v opačném případě vzniká zátěž nepřiměřená s možnými negativními důsledky pro člověka.

Přehled druhů metod a způsobů hodnocení pracovní zátěže:

1. Měření fyzické namáhavosti práce,

- odhadem (porovnáváme známou namáhavost práce s měřenou),
- výpočtem mechanické práce (podle fyzikální definice),
- odhadem z tabulek (pro většinu typických prací jsou sestaveny údaje o minutové nebo směnové spotřebě energie),
- výpočtem z normativů (např. podle pracovní polohy a zatížená těla se pomocí koeficientů vypočítá fyzická namáhavost).

2. Měření změn ve vegetativních funkcích

- zjišťování změn srdeční frekvence, tlaku krve,
- zjišťování změn elektrické kožní vodivosti,
- zjišťování změn v dechové frekvenci,
- zjišťování množství vyloučeného potu.

3. Měření psychické namáhavosti

a) metody přímého měření

Tyto metody jsou založeny na měření množství, případně kvality zdroje zátěže. Je to například:

- velikost informační zátěže (vyjadřuje se podle množství informace, které je schopen pracovník přijmout za časový úsek),
- doba pozornosti (míra zatížení je úměrná času soustředěné pozornosti z podílu doby připadající na operaci nebo pracovní směnu),

- množství vykonané práce (má charakter nebo alespoň složku psychické zátěže, například sledování veličiny na měřeném objektu při rozhodování o jeho provozní způsobilosti – pocit odpovědnosti),
- měření stresových faktorů (např. hluk, klimatické podmínky, nebezpečnost práce, přesnost práce).

b) metody nepřímého měření

Tyto metody jsou orientovány na zachycení reakcí organismu člověka na psychickou zátěž. Měření fyziologických funkcí zahrnuje například:

- zachycení změn ve vegetativních funkcích,
- měření reakční doby mezi podnětem a reakcí,
- měření zrakové únavy,
- elektroencefalografii (EEG) apod.

Z psychických funkcí se nejčastěji měří změny:

- schopnosti soustředění,
- schopnosti pozornosti,
- paměti,
- psychické výkonnosti.

4. Ostatní metody a jejich formy

a) *Průzkumové metody* – založené na zjišťování subjektivních pocitů sledovaných pracovníků.

Forma: ústně – řízený rozhovor, písemně – dotazník.

b) Sumární metody

- odhad (na základě zkušeností a analogie odhadujeme subjektivně míru psychické zátěže),
- bodovací metody (založené na klasifikaci analyzované situace např. počtem bodů),
- profesiografie (popis psychické zátěže, kterou systém působí na člověka). [5]

3.3 Metody používané při projektování a racionalizaci pracovišť

Při rozměrovém řešení (plošném či prostorovém) pracoviště nebo stroje musíme respektovat celou řadu faktorů (technických i lidských), které mohou výrazně ovlivnit jeho uspořádání nebo konstrukci. Je to zejména: velikost pracovního předmětu, vlastnosti předmětu (nesnadnost manipulace, hmotnost...), počet lidí na pracovišti, vybavení pracoviště (manipulační, dopravní prostředky...), bezpečnost práce, pracovní pozice a antropometrické parametry člověka, časové trvání práce, druhy používaných osobních ochranných pomůcek apod.

Z metod, které komplexně řeší tvorbu pracovišť, se používají tyto:

- experimentální tvorba pracovišť a jejich prostorové modelování s přihlédnutím na skutečně rozměry osob (volí se model v měřítku 1:1),
- prostorové modely pracovišť s použitím figurín (model v poměrném měřítku zpravidla 1:5, 1:10),
- schématické znázornění funkčních částí těla člověka a znázornění dosahových zón do projektové dokumentace,
- somatografická metoda (znázornění rozměrů lidské postavy do výkresové dokumentace, kritériem jsou limitující rozměry člověka a stroje),
- empirické vzorce – patří sem např.: „odhad“ (jako subjektivní hodnocení, které má pouze orientační význam), „kopírování jiných vzorů“ (zde je nebezpečí chyb při aplikacích na odlišné podmínky – nesvědčí o kvalitách konstrukce), „normativní hodnoty“ (jde o hodnoty statisticky ověřené – objektivní). [5]

3.4 Metody hodnocení pracovních prostředků

Podstatou metod hodnocení, zkoušení či testování nástrojů, strojů a ostatních technických zařízení (pracovních prostředků) je srovnávání s předem stanovenými ergonomickými požadavky (kritéria a parametry), s aspekty antropometrickými, fyziologickými a psychologickými.

Předpokladem pro odborně fundované hodnocení pracovních prostředků je jednak soubor ergonomických kritérií, který má obvykle formu „kontrolního listu“, jednak více či méně přesně určené požadavky, týkající se technických, ekonomických, bezpečnostních, ergonomických a estetických vlastností pracovního prostředku, jež jsou obsaženy v příslušných předpisech (hygienických, bezpečnostních) a státních normách.

Kategorie hodnotících kritérií, sestavené v kontrolním listu pro stacionární stroje a technická zařízení, jsou následující:

- a) Pracovní místo – přístupnost z hlediska tělesných rozměrů, základní pracovní poloha, manipulační rovina, pohybový prostor pro horní a dolní končetiny, prostor pro nožní ovladače...
- b) Pracovní předmět a části stroje (kromě ovladačů) – hmotnost, tvar, frekvence pohybů při manipulaci, riziko poškození...
- c) Zdroje přímých informací – viditelnost, rozlišitelnost,
- d) Zdroje zprostředkovaných informací (sdělovače) – vybavenost z hlediska potřebných informací, vhodnost typu, viditelnost a čitelnost zřetelných sdělovačů, slyšitelnost a rozlišitelnost sluchových sdělovačů...
- e) Ovladače – vhodnost typu, rozlišitelnost, síla, odpor, zdvih, povrchová teplota úchopných částí, vztahy mezi pohybem ovladačů a výslednou akcí...
- f) Vztahy mezi sdělovači a ovladači – celkové uspořádání, mimořádné stavy...
- g) Pracovní prostředí ovlivněné strojem – hluk, ultrazvuk, vibrace, sálavé teplo, tepelná zátěž, látky obtěžující (inertní a zdraví škodlivé, ionizující záření a elektromagnetické záření...)
- h) Povrch a tvarování stroje – povrchová teplota stěn, stroje, barevná úprava stroje, tvarování z hlediska funkčního a estetického...
- i) Vybavenost stroje – nástroje, přípravky, pomůcky aj., mechanizační zařízení pro transport břemen o velké hmotnosti.

Stroj či technické zařízení jsou hodnoceny podle uvedených hledisek ve vztahu k prováděným činnostem, (tj. příprava, zásobování, spouštění a zastavování stroje, kontrola jeho chodu, úprava a kontrola zpracovávaného předmětu, výstup ze stroje, jeho čištění, údržba a běžné opravy) a to tím způsobem, že se u každého dílčího kritéria vyznačí symbol (+), jestliže je příslušný požadavek splněn (odpovídá příslušnému ustanovení v hygienickém předpisu nebo technické normě), (-) není-li příslušný požadavek splněn a (0) jestliže příslušný požadavek nepřichází v úvahu.

Nedostatky zjištěné při hodnocení pracovního prostředku jsou pak podkladem pro hlubší analýzu a tvorbu nápravných opatření s cílem dosáhnout optimum v řešení daných problémů. [5]

3.5 Metody hodnocení faktorů pracovního prostředí

Měření a hodnocení faktorů pracovního prostředí jako je hluk, ultrazvuk, vibrace, teplotně-vlhkostní mikroklima, prašnost, atd., je především záležitostí orgánů hygienické služby v rámci běžného hygienického dozoru. Příslušné metodiky měření a hodnocení faktorů pracovního prostředí jsou součástí hygienických předpisů a v některých případech jsou obsahem příslušných technických norem. Výsledkem měření je vždy protokol, který obsahuje přehled naměřených hodnot a závěry (návrhy na opatření). [5]

3.6 Měření hluku a ultrazvuku

Za nejdůležitější měřené údaje hluku a ultrazvuku (pomocí zvukoměrů) se považují: povaha hluku a ultrazvuku (ustálený, proměnný nebo impulsní), fyzikální charakter (vyjadřovaný buď v ekvivalentních hladinách nebo v průměrných hladinách akustického tlaku), doby působení a pobytu pracovníků v hluku nebo ultrazvuku.

Měření hlukové/ultrazvukové zátěže se provádí buď přímo na pracovních místech, když pracovník na stanovišti setrvává delší dobu, nebo v pracovním prostoru u pracovníků, kteří často přecházejí a hodnoty hluku se značně mění. Měřicí místa mají odpovídat poloze hlavy pracovníka. Způsob hodnocení je dán porovnáním hodnot naměřených s přípustnými hodnotami uvedenými v hygienických předpisech. [5]

3.7 Měření osvětlení

Při měření osvětlení (denního i umělého) se především měří intenzita osvětlení, méně často jas, popřípadě barva.

Pro měření intenzity světla se používají přenosné fotometry – luxmetry. Podstatou je čidlo – fotonka a měřicí přístroj (mikroampérmetr), který je přímo cejchován v luxech. Orientační měření si můžeme udělat sami – luxmetrem. Odborné posouzení a vyhodnocení osvětlení na pracovišti se zadává specialistům hygienické služby. Metody měření osvětlení jsou uváděny v příslušných technických normách nebo hygienických předpisech.

Měření provádíme na pracovní ploše (manipulační rovině) asi ve výši 0,85 m nad podlahou. Protože norma předepisuje hodnoty pro průměrné osvětlení, je nutno měřit na pracovišti intenzitu na více místech a počítat průměr. Ten se spočítá jako vážený průměr z měření na středu jednotlivých ploch (pracoviště se rozdělí na menší části – pole), kde vahou je velikost plochy v metrech čtverečních. Výhodné je proto rozdělit měřením plochu na stejná pole a počítáme pak aritmetický průměr. Osvětlení maximální a minimální se určí z naměřených hodnot. [5]

3.8 Měření tepelně-vlhkostního mikroklima

Metodický postup pro měření tepelně-vlhkostního klimatu je založen jednak na anamnestickém vyšetření (tj. subjektivní údaje osob o mikroklimatu v němž pracují), jednak na objektivním měření a hodnocení parametrů mikroklimatu.

Pro subjektivní hodnocení je určen dotazník, v němž jsou otázky roztrženy do pěti skupin:

- a) vnímání chladu a tepla,
- b) vnímání proudění vzduchu,
- c) vnímání oděvu,
- d) vnímání vlhkosti vzduchu,
- e) osobní celkové hodnocení prostředí z hlediska tepelné shody.

Nejdůležitější veličiny ke stanovení optimálního mikroklimatu jsou povahy fyzikální a fyziologické. Z fyzikálních hledisek je to teplota vzduchu, relativní vlhkost vzduchu, rychlost proudění vzduchu, počet standardních vrstev oděvu, povrchová teplota stavebních konstrukcí, účinná plocha sálajících ploch apod. Z fyziologických hledisek je to teplo vznikající při metabolismu v klidu i při práci, množství vyloučeného potu lidským tělem apod.

Výsledná teplota se měří kulovým teploměrem, teplota a relativní vlhkost, psychrometry a thermohydrografy, rychlost vzduchu anemometry termickými, rotačními nebo ionizačními. Měření se obvykle provádí ve výšce hlavy a výšce kotníků dolní končetiny v takových intervalech, aby bylo zachyceno kolísání hodnot zhruba v půlhodinových intervalech, u stabilního mikroklimatu každou hodinu. [5]

4 Specifikace problémového pracoviště

Mezi nevhodné prvky pracoviště patří zejména nevhodná židle, která není nijak nastavitelná, nejsou žádné boxy na nezpracovaný, zpracovaný materiál a zmetky, pracovní pult je příliš malý a má ostré hrany, lis je schopen zpracovat více kusů najednou, čili není důvod, aby byl ohýbán pouze jeden kus, čímž dochází ke zbytečnému pohybovému přetížení pracovníka a časovým ztrátám, lis by měl být poháněn krokovým pohonem, čímž se vyřeší zpracování více kusů, a navíc se tím vyřeší i pracovní bezpečnost, která není v současnosti splněna.

Tyto problémy by se dali řešit pomocí výše uvedených ergonomických metod, zejména metodami hodnocení pracovní zátěže (viz 3.2) a metodami používané při projektování a racionalizaci pracovišť (viz 3.3).

4.1 Práce v sedě

Pracovník by měl vykonávat svou činnost ve správné pracovní poloze, tzn. že jeho statické svalové zatížení by mělo být omezeno na nejmenší míru. Tato pracovní poloha má příznivý vliv na jeho zdraví a také na pracovní výkon. [6]

Nejsou splněny prostorové nároky při práci v sedě (viz Obr. 3), což může způsobit nesprávné sezení, a tím pádem vést k potížím pohybové soustavy, bolesti v páteři, a v nejhorším případě až k trvalému poškození páteře. Výška sedadla nesplňuje ergonomické požadavky, měla by být nastavitelná dle postavy člověka.



Obr. 3 Původní židle na pracovišti [9]

4.2 Pracovní plocha

Dosavadní pracovní plocha je nevyhovující, a to hlavně z těchto důvodů:

- a) ostré hrany pracovní plochy, nerovnoměrný povrch a jeho výrazné opotřebení,
- b) příliš malá plocha (nedostatečný prostor pro zpracovaný a nezpracovaný materiál, nemožnost dostatečného opření při práci).

ad a) hrozí možnost poranění při vykonávání pracovní činnosti,

ad b) není dostatečný prostor pro zpracovaný a nezpracovaný materiál, nedostatečná opora při práci.



Obr. 4 Pracovní plocha – nepřehledná pracovní plocha



Obr. 5 Pracovní plocha – nedostatečná opora při práci

4.3 Pohon

Lis, na kterém pracovník pracuje, je poháněn průběžným motorem, tím vzniká problém s tím, že nejsou splněny požadavky na bezpečnost práce (viz Obr. 6).



Obr. 6 Výroba

4.4 Výrobní množství

Vzhledem k tomu, že je lis poháněn průběžným motorem, je možné tvarovat výrobky pouze po jednom kuse. (viz Obr. 7) Tím je velmi výrazně omezeno výrobní množství, kterého je jinak pracovník schopen.



Obr. 7 Výroba po jednom kuse

5 Návrh řešení za pomoci simulace ergonomie

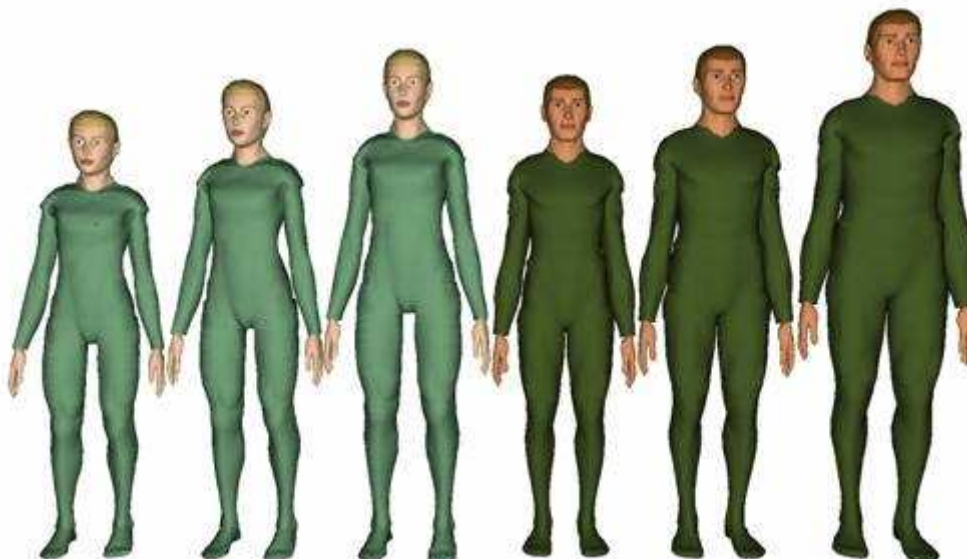
Výsledný návrh řešení pracoviště byl vytvořen pomocí simulačního programu Tecnomatix Jack od společnosti Siemens PLM Software.

5.1 Vznik

Původně byl tento program vytvořen v centru pro lidské modelování a simulace na Pensylvánské univerzitě v 80. až 90. letech minulého století. Projektování tohoto programu bylo z počátku určeno jako systém ergonomického hodnocení a virtuálního prototypování lidí pro NASA. Později začal být využíván i americkou armádou a námořnictvem pro vojenské simulace a letectvem pro simulaci údržby. Následně se jeho využití rozšířilo i do různých vládních a firemních uživatelů. V roce 1996 byl software odkoupen do soukromého vlastnictví společnosti, a je nyní prodáván jako ergonomická simulace lidského chování při práci (tzv. Tecnomatix Jack) společnosti Siemens. [4]

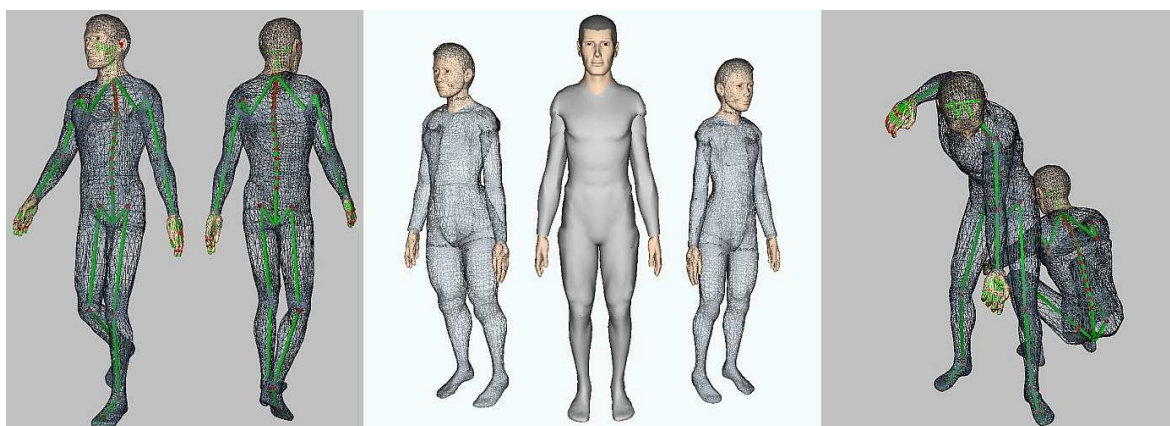
5.2 Tecnomatix Jack

Tecnomatix Jack umožňuje vylepšit a ergonomicky zdokonalit návrhy produktů průmyslové výroby již od počátků výroby. A to ať už jde o výrobní zdroje, či o samotné ergonomické přizpůsobení výrobků. V tomto programu je možné vytvořit virtuální postavy a upravit jejich rozvržení tak, aby odpovídaly počtu a fyziologii pracovníků. V návrzích je možné testovat celou řadu lidských faktorů, včetně pohodlí uživatelů, pohledů, dosažitelnosti, výdajů energie, rizika zranění, meze únavy a dalšími parametry. Takto je tedy možné nepřímo zvýšit výkonnost pracovníků, produktivitu pracovišť a naopak výrazně snižovat riziko nemocí z povolání a riziko zranění.



Obr. 8 Postavy [10]

Technomatix Jack je komplexní 3D simulační program pro hodnocení lidského chování při práci. Umožňuje simulovat, kontrolovat a následně vyhodnocovat působení pracovní činnosti a pracovního prostředí na pracovníka. Je současně ergonomickým nástrojem pro simulaci a optimalizaci pracovního prostředí, ovládání výrobku nebo přizpůsobení práce člověku. Biomechanicky přesný digitální model člověka s reálným fyziologickým rozsahem pohybů kloubů a antropometrií umožňuje rychlé vytváření simulace a pohybů prostřednictvím inverzní kinematiky. Podle databáze populačních průzkumů je definován rozsah velikosti cílové populace, případně definujeme virtuálního člověka podle vlastních parametrů (viz Obr. 9).



Obr. 9 Simulace lidského těla [10]

Tento program je vhodný pro technology, konstruktéry a odborníky na montáže, ale je také vhodným nástrojem pro ergonomy, lékaře a techniky BOZP, pomocí kterého lze optimalizovat pracovní výkon, předcházet zdravotním úrazům při práci a nemocím z povolání. Důkladná analýza pracovního prostředí v CAD prostředí ještě před výrobou skutečných komponent, snižuje náklady na výrobky a jejich konstrukci a současně vytváří uživatelsky příjemnější výrobky.

Možnosti analýz v digitálním prostředí:

- Proveditelnost pracovních operací a ergonomicky přijatelná poloha pracovníka,
- Kam různě velcí pracovníci dosáhnou a co uvidí/neuvidí,
- Nebezpečí zranění, únavy, nepříznivých poloh, porovnání s ergo standardy,
- Zda je v konstrukci dostatek prostoru pro montáž dílu/kolize,
- Analýza nebezpečí poranění z přetížení, biomechanické zatížení zad a částí těla, spotřeba metabolické energie, nutné odpočinkové časy.

Přínosy proaktivní ergonomie a simulace lidského faktoru:

- Zvýšení produktivity, kvality, snížení nákladů na dodatečné opravy/úpravy,
- Zvýšení účinnosti výrobního procesu a využití prostředků,
- Zvýšení bezpečnosti výroby/montáže,
- Snížení počtu výrobních problémů ještě před stavbou fyzického prototypu/produktu,
- Snížení počtu zranění a nemocí z povolání,
- Snížení fluktuace/nákladů na zácvik nových lidí,
- Snížení ztrátových časů – optimalizace rozložení pracoviště,
- Snížení počtu absencí,
- Eliminace nákladů na přepracování plánu díky včasnému odkrytí problémů s výkonem lidí a zvládnutelností úkonů,
- Minimalizace problémů s nástroji, vybavením, rozložením výrobních zařízení na pracovišti.[7]

5.3 Simulace v Tecnomatix Jack

Informace, které je možné získat ze softwaru Jack, pomohou s nižšími náklady a rychleji navrhovat ergonomičtější a bezpečnější produkty, procesy a pracovní místa.

5.3.1 Tvorba virtuálního prostředí

Výhody, které nabízí při modelování lidského chování, představuje program Jack také výkonné interaktivní řešení při vizuální simulaci v reálném čase. Do tohoto softwaru je možné importovat CAD data nebo v něm vytvořit zcela nový model, přemísťovat objekty v prostředí, interaktivně měnit pohledy kamery. Dále je možné vytvářet zvláštní efekty, které vytvoří realistický dojem „scény“. Software také nabízí možnosti omezení CAD dat pro optimalizaci modelů pro použití simulací v reálném čase.

Tvorba geometrie v softwaru Jack – tento software umožňuje od základu vytvořit modely, které slouží k zhodnocení koncepčních návrhů. Můžete tvořit jednoduchá geometrická tělesa jako krychle, koule, válce, kužely a prstence. Manipulací s jednotlivými segmenty můžete tato tělesa slučovat a vytvářet představitele složitějších dílů, jako jsou obráběcí nástroje a vozidla. Software Jack dále poskytuje sadu základního nářadí (kladivo, pilu, kleště, napínací tyč, žebřík, šroubovák a francouzský klíč).

Dodejte prostředí realistický vzhled – funkce zobrazení, mapování textur a osvětlení v softwaru Jack vám pomohou doplnit virtuálnímu prostředí přesvědčivější vzhled. Změna pohledu v softwaru Jack je snadná: tlačítka myši vám umožňují natáčet pohled horizontálně či vertikálně a přiblížit si vybraný referenční bod. Dále můžete spojit referenční bod pohledu se stanoveným objektem, připojit zobrazovací kameru k některému objektu – například k očím lidské postavy, a vytvářet „řezy“ zobrazením scény. Díky mapování textur a souborům s obrázky prvků jako cesty, ovládací panely strojů či interiéry továren můžete scénu obohatit o vizuální detaily, aniž byste dodávali další geometrii. Funkce pro osvětlení v programu Jack vám pomohou zvýraznit vybrané oblasti v prostředí a zlepšit realistickou podobu scény. [12]

5.3.2 Vytvořte virtuální lidskou postavu

Software Jack nabízí biomechanicky nejpřesnější lidské modely v oboru. Je založen na měření tělesných parametrů z antropometrického průzkumu příslušníků americké armády z roku 1988 (ANSUR 88). Lidské postavy v softwaru Jack proto mají následující vlastnosti:

- Jsou složeny z 69 segmentů, 68 kloubů, 17 segmentové páteře, 16 segmentových rukou, párových kloubů rameno/klíční kost a mají 135 stupňovou volnost.
- Mohou být reprezentovány figurami, drátovými modely, stínovanými modely, modely ve vysokém rozlišení či transparentními modely.

Výběr z různých typů postav – software Jack vám umožňuje vytvářet různé typy postav. Můžete volit z nabídky následujících předem definovaných postav:

- _ Malý/vysoký muž a žena – extrémní hodnoty postav založené na datech průzkumu ANSUR 88,
- Velké, průměrné a drobné postavy v souladu s definicí organizace SAE,
- _ Muž a žena ve vysokém rozlišení – podrobní zástupci mužské a ženské postavy podle definice průzkumu ANSUR 88. [12]

5.3.3 Definujte velikost a tvar lidské postavy

Má-li software pro simulaci lidské postavy spolehlivě stanovit, zda návrh zahrnuje různorodost ve fyzických rozměrech lidských těl, musí uplatňovat správný přístup k tvorbě postav. Software Jack využívá při antropometrické tvorbě tři přístupy.

Můžete:

- Volit tělesné typy z hraniční figurální sady modelů složené ze 77 postav, jež představují řadu velikostí pro 11 tělesných parametrů z databáze ANSUR 88.
- Vytvářet postavy zadáním extrémních rozměrů pro požadovaný segment, například pro šíři ramen, výšku vsedě atd. Algoritmus poté automaticky dotvoří zbývající tělesné parametry v odpovídajícím poměru.
- Určit postavu zadáním tělesné výšky a hmotnosti. Zbývající parametry se vytvoří automaticky pomocí statistických modelů založených na databázi ANSUR 88. [12]

5.3.4 Umístěte postavu do daného prostředí

Software Jack umožňuje ovládat jednotlivé tělesné segmenty, jež jsou propojeny klouby, které se chovají na základě limitů ze studií NASA. Když pohybujete tělesným segmentem na virtuální postavě v programu Jack, software pomocí inverzní kinematiky v reálném čase určí pozici propojených segmentů a kloubů. Když například pohnete dlaní modelu, pohnou se segmenty paže a odpovídající klouby tak, jak tomu je u lidského těla.

Nastavte pozici virtuální postavy – software Jack dovoluje určit pozici virtuální postavy přímou manipulací s klouby nebo volbou z knihovny 30 nadefinovaných pozic. Postavou můžete manipulovat pohybem očí, hlavy, ramen, paží, trupu, těžiště, pánve, nohou nebo celého těla.

Určete parametry chování postavy – software Jack umožňuje zvolit, jak se virtuální postava „chová“, když je její pohyb řízen vnějšími silami. Postava v softwaru Jack se pak automaticky pohybuje podle parametrů, které zvolíte. Pokud například postava drží nějaký předmět nad hlavou a vy jej položíte na zem, „řízení chování“ určuje, zda se postava ohne v pase, udělá krok, aby udržela rovnováhu atd.

Software Jack vám umožňuje definovat:

- Zlepšit bezpečnost dělníků,
- Rychleji spustit výrobní linky v továrnách,
- Snížit náklady na odměny dělníkům,
- Optimalizovat ruční pracovní postupy,
- Snížit náklady na prostoje a přeškolování.

Ve výrobní fázi životního cyklu produktu vám simulace lidských postav umožní zodpovědět následující otázky:

- Zda hlava a oči zůstávají v určité pozici,
- Zda hlava a oči sledují určitý objekt,
- Jak postava udržuje rovnováhu a zda udělá krok, aby ji znovu získala,
- Jaká je pozice trupu a jak se trup ohýbá (z pasu, od krku, nebo pomocí konkrétních obratlů),
- Jaké je postavení kolen,

- Jaké je postavení pánve,
- Jaké je postavení paží,
- Jaké je postavení chodidel.

Definujte vztah postavy a prostředí – systém omezení v softwaru Jack umožňuje určit, jak postava reaguje na své virtuální prostředí. Software Jack nabízí mnoho možností, jak definovat omezení platná mezi lidskými postavami a objekty. Můžete například vytvořit omezení, které zajistí, že její pravá noha je položena na plynový pedál a zadek postavy zůstane spojen se sedadlem auta. Když se sedadlo posune, postava splní tato omezení, zatímco ostatní klouby se odpovídajícím pohybem přizpůsobí.

K určení, jak lidská postava uchopí předmět, nabízí software Jack pět nadefinovaných typů uchopení. Když zadáte typ uchopení, software vypočte, jak ruku realisticky přiložit k danému předmětu. [12]

5.3.5 Zadejte postavě úkoly

U některých typů ergonomie uživatelům stačí jednoduše zhodnotit postavu ve statické pozici. Jiné studie vyžadují, aby se postava pohybovala. Software Jack vám umožňuje přesně určit pohyby postav díky vestavěnému pohybovému systému a rozhraní s nástroji.

Ovládejte pohyby lidské postavy – software Jack nabízí pohybový systém pro definování úloh, které je zapotřebí provést v rámci zadaných časových omezení. Simulace v softwaru Jack se skládají z několika různých typů pohybu definovaných pro určený časový interval, mnoho z nich se přitom odehrává simultánně. Pohyby můžete tvořit interaktivně přímo v softwaru, kde můžete ovládat pohyb očí, hlavy, trupu, paží, rukou, pánve, těžiště těla, chodidel a dalších částí těla. Navíc můžete posouvat objekty i perspektivu kamery.

Po vytvoření simulace ji můžete uložit a přehrát. Přitom lze úkoly nechat provést virtuální postavy různých zadaných velikostí. Můžete také přizpůsobovat velikost či polohu různých objektů v prostředí a poté simulaci znovu přehrát a zjistit, jak se změní prostorové vztahy, vůle a načasování. [12]

5.3.6 Analyzujte výkon postavy

Software Jack nabízí série základních nástrojů, které vám pomohou ohodnotit výkon virtuálních postav. Pokročilejší nástroje pro ergonomickou analýzu jsou k dispozici ve volitelných sadách nástrojů.

Zhodnoťte, co postava vidí – software Jack nabízí několik funkcí pro zhodnocení zorného pole. Můžete:

- Vytvořit Eye Windows a dívat se pohledem postavy,
- Vytvořit View Cones, které zobrazují zorné pole postavy z perspektivy „třetí osoby“,
- Nastavit kontrolu hlavy nebo očí postavy tak, aby sledovala pohyb objektu,
- Změřit délku mezi očima postavy a libovolným objektem.

Zhodnoťte, kam postava dosáhne – funkce pro analýzu dosahu v softwaru Jack vám umožňují:

- Změřit vzdálenost mezi rukou postavy a libovolným objektem,
- Určit, zda lidská postava dosáhne na cílový objekt,
- Vytvořit a umístit obvodovou schránku jako grafické zobrazení toho, kam dosáhnou postavy velké, střední a malé velikosti (definováno podle standardů SAE),
- Exportovat obvodové schránky do systému CAD, kde jsou určeny k ohraničení návrhu.

Otestujte vhodnost a přizpůsobení – software Jack vám pomůže určit, zda se návrh přizpůsobí lidem různých postav. Můžete:

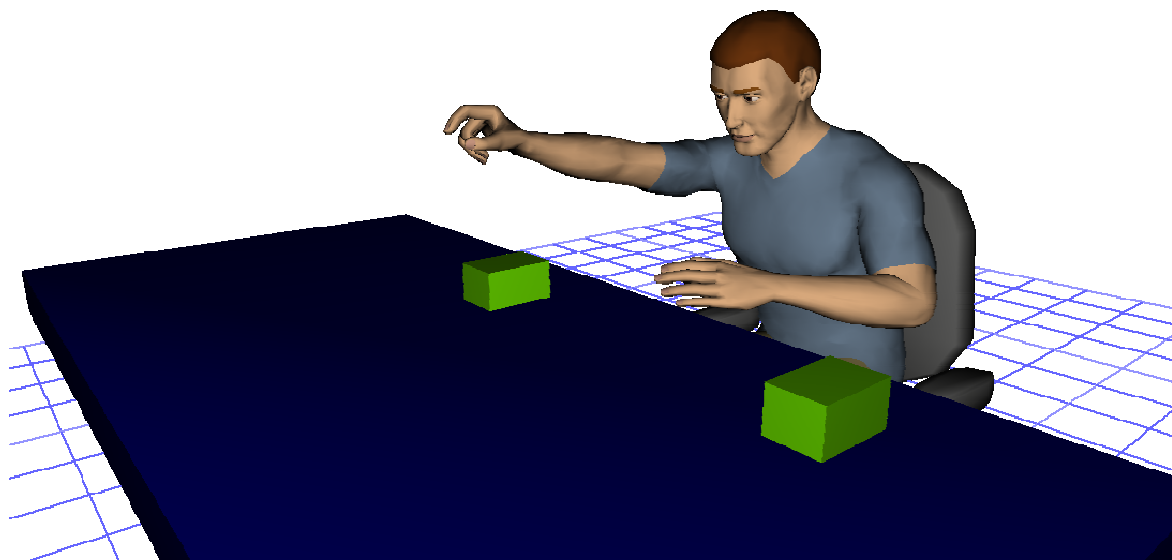
- Umístit jednu virtuální postavu a poté použít její pozici k otestování škály postav různých velikostí,
- Interaktivně měřit vzdálenosti mezi libovolnými dvěma body v prostředí se změnou jejich vzájemné polohy, což pomáhá spočítat rozsah, v jakém se návrh dokáže přizpůsobit cílovým uživatelům.

Spočítejte lidskou sílu včetně kroutivé síly – software Jack vám umožňuje propočítat síly působící na klouby a segmenty lidské postavy v dané poloze. S výsledky můžete srovnat síly, které je třeba vyvinout k provedení různých úkolů. Software vám dále umožňuje započítat jako faktor hmotnost objektů, s nimiž virtuální postava manipuluje, a zapojit reprezentaci dalších vnějších sil (např. gravitace).

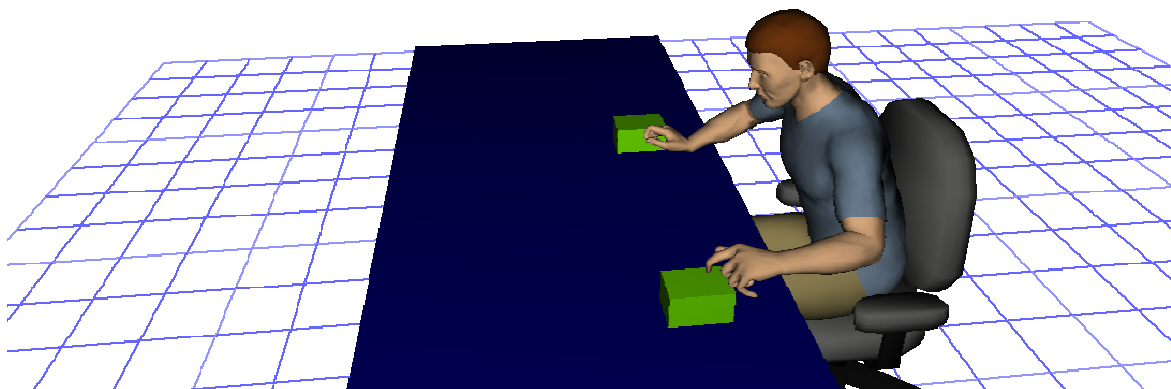
Využijte ke sdělení výsledků animace a obrázky – možnost vytvářet v softwaru Jack působivé animace a obrázky vám pomůže informovat o zjištěných výsledcích způsobem, jakým to statistická zpráva nedokáže. Z jakéhokoli výstupu v softwaru Jack může vytvořit obrázek ve formátu RGB. Hotové simulace můžete také snadno převést na videa ve formátu AVI. [12]

5.4 Vlastní návrh simulace

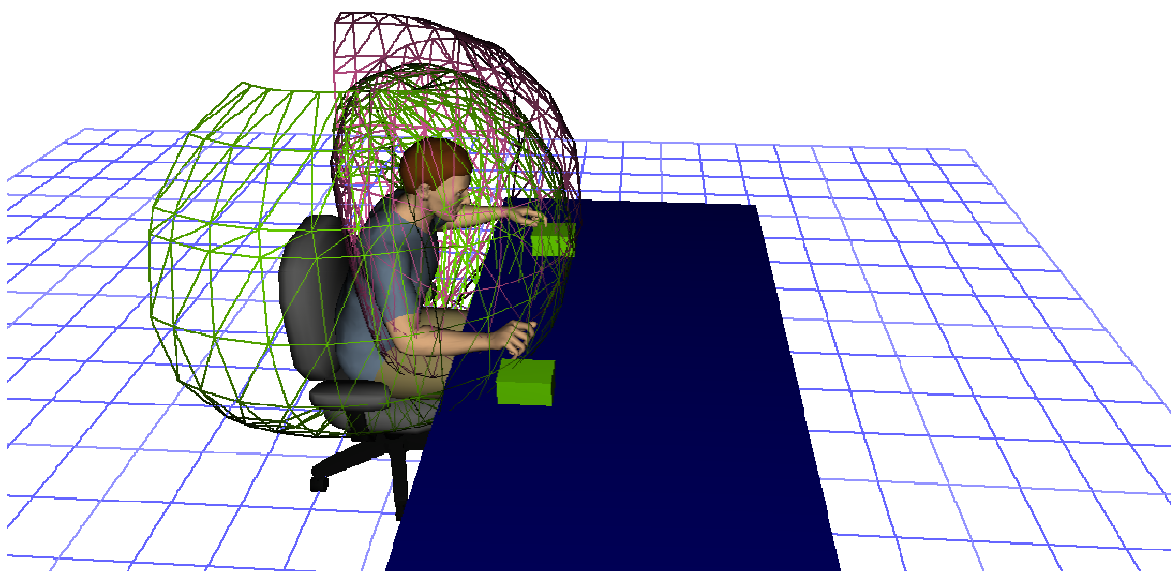
Práce v programu Tecnomatix Jack nebyla optimální, protože jsem pracoval s neúplnou zkušební verzí, s omezenou databází knihoven, ve kterých bylo zařazeno pouze několik základních prvků, které dostatečně neodpovídají problému zadaného pracoviště. Z tohoto důvodu jsem nebyl schopen vytvořit dostatečně přesné pracovní prostředí tak, aby odpovídalo skutečnému pracovišti. Na uvedených obrázcích je naznačen rozsah dosahu pracovníka na pracovním stole.



Obr. 10 Dosah pracovníka



Obr. 11 Rozsah pohybů



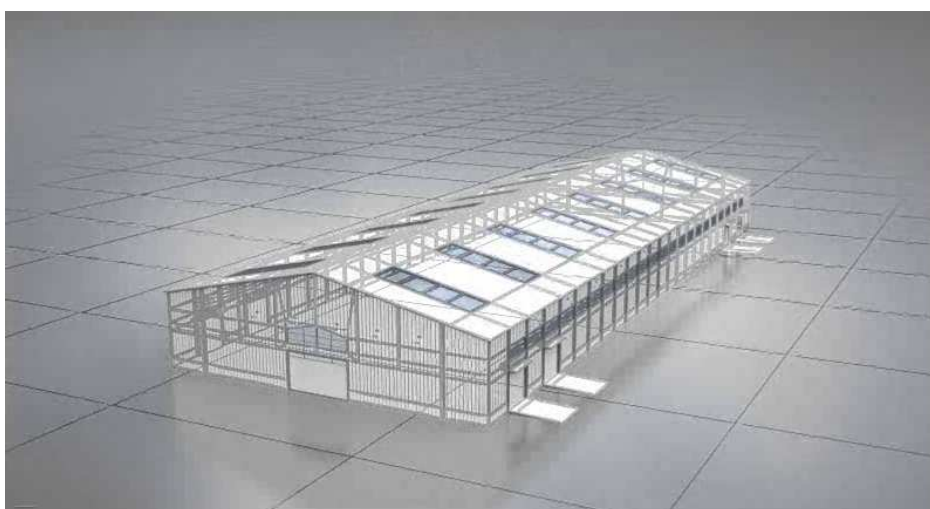
Obr. 12 Síťově znázorněný dosah rukou

Při plné verzi programu lze simulovat lidskou práci, hodnotit působení pracovního prostředí a pracovní činnost na člověka a následně ji optimalizovat. Při simulaci samotné můžeme zvolit rozměry (výška, váha a pohlaví) postavy (viz Obr. 8) tak, aby odpovídala postavě pracovníka, který bude na určeném pracovišti, které se v simulaci tvoří, pracovat. Lze také manipulovat jak s celou postavou, tak i jednotlivými částmi těla, od celých končetin, až po jednotlivé pohyby prstů či očí. Tyto pohyby lze provádět jen v takovém rozmezí, jaké umožňuje biomechanika skutečného člověka. Vytvořenou simulaci, po jejím vytvoření lze sledovat z jakéhokoli úhlu, ale také i z pohledu pracovníka (viz Obr. 10, Obr. 11, Obr. 12).



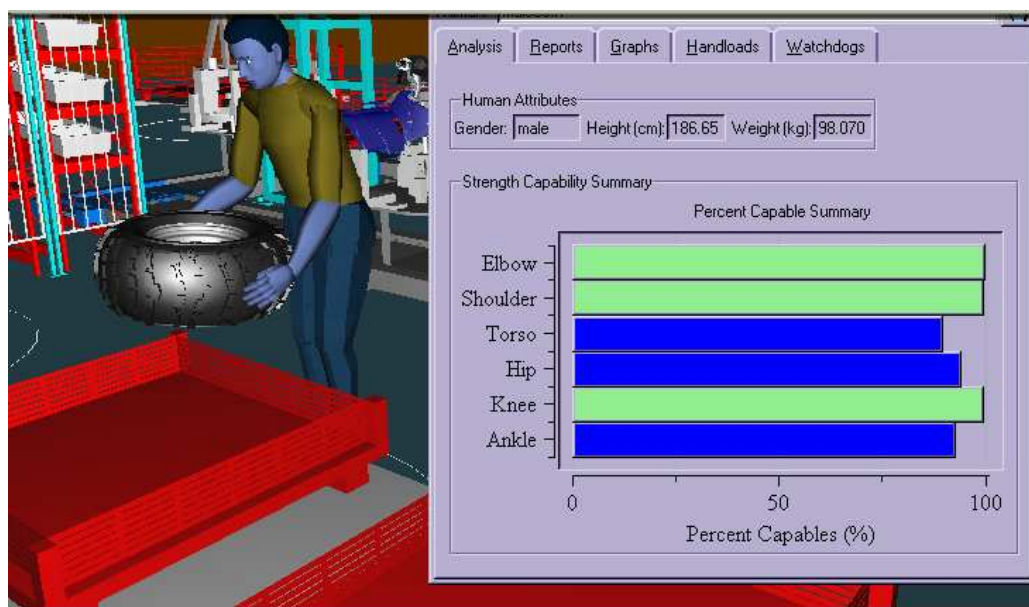
Obr. 13 Pohled 1. osoby [11]

Vytvořené trojrozměrné předměty v CAD programem lze zařadit do knihoven programu Tecnomatix Jack a následně je využívat. Například jednotlivé nástroje, se kterými pracovník pracuje, nábytek který využívá, či celé konstrukce budov, skladů, výrobních hal nebo dopravní prostředky či stroje na kterých koná výrobní činnost (viz Obr. 13, Obr. 14).



Obr. 14 Výrobní hala [11]

Z vytvořené simulace lze také vytvořit video, kde pak můžeme pozorovat pracovníka při vykonávané práci, a sledovat jeho pohyby. Následně lze pomocí nástrojů programu vytvořenou simulaci analyzovat. Po dokončení analýzy lze zjistit jaké části těla pracovníka při pracovním výkonu jsou namáhána či dokonce přílišně přetěžována (viz Obr. 15). Pomocí těchto simulací a analýz lze předejít nejen přílišnému fyziologickému namáhání pracovníka, ale lze jimi snížit i náklady firmy při tvorbě pracoviště, které se po jeho vytvoření může ukázat jako nevyhovující, a to z důvodů jak technologických, tak i bezpečnostních problémů.



Obr. 15 Analýza zatížení [11]

6 Zhodnocení výsledků řešení

Po použití mých návrhů na zlepšení pracovního místa by mělo dojít ke snížení fyziologického namáhání pracovníka, čímž by mělo dojít ke zmenšení šance na nemoci z povolání.

Níže uvádím jednotlivé návrhy na řešení problémových částí na pracovišti (viz 4.1 – 4.4).

6.1 Návrh na zlepšení práce v sedě

Vzhledem k tomu, že pracovník při výkonu své práce je mírně předkloněn, je zbytečné, aby měl na židli opěrnou plochu zad, nejlepším řešením by byla židle s bederní opěrkou (viz Obr. 16), která zajistí optimální fixaci trupu a zakřivení páteře, tím se dosáhne ideálního sedu.



Obr. 16 Ergonomicky tvarovaná židle [8]

6.2 Návrh na úpravu pracovní plochy

V současném stavu, kdy je pracovní plocha příliš malá (viz Obr. 17), mísí se nezpracovaný materiál se zpracovaným. Navíc pracovník nemá při výkonu práce dostatečnou oporu pro ruce, čímž může dojít k přetěžování, únavě a následnému snížení pracovního výkonu.

Těmto problémům by se dalo předejít dostatečným zvětšením pracovní plochy, aby měl pracovník dostatečně velký prostor na opření rukou.



Obr. 17 Nedostatky pracovní plochy

Po vhodném rozměrovém zvětšení pracovní plochy by také bylo možné použít boxy (viz Obr. 18), do kterých by byly roztříděny jednotlivé druhy materiálu. Boxy by byly částečně zapuštěny do pracovní plochy tak, aby bylo umožněno snadné odebírání a vkládání materiálu, aniž by docházelo ke zbytečnému namáhání.

Těmito změnami by se vyřešily jak problémy se zbytečným namáháním rukou pracovníka při přebírání zpracovaného materiálu a materiálu určenému ke zpracování, tak by se i zvýšila výrobní produkce.



Obr. 18 Box na materiál [8]

6.3 Návrh na změnu pohonu

Tomuto problému by se dalo předejít změnou na krokový motor, tím by byl vyřešen problém s bezpečností práce, a také by bylo možné vyrábět více kusů najednou, čímž by se i zvýšila produktivita.

6.4 Návrh na zvýšení výrobního množství

Z dodaného videa jsem spočetl, že pracovník vyrobí 10 kusů za 58 s. Pokud by došlo ke změnám uvedeným výše, (výměna motoru za krokový a zvýšení výroby např. 10 kusů najednou), spočítal jsem odhadem, že by bylo možné vyrobit 10 kusů za 25 s, čímž by došlo ke zvýšení objemu výroby 43,06%.

$$P_1 = \frac{T_1}{Q} = \frac{58}{10} = 5,8 \text{ s} \quad (6.1)$$

$$P_2 = \frac{T_2}{Q} = \frac{25}{10} = 2,5 \text{ s} \quad (6.2)$$

$$Q_1 = \frac{T}{P_1} = \frac{3600}{5,8} \cong 620 \text{ ks} \quad (6.3)$$

$$Q_2 = \frac{T}{P_2} = \frac{3600}{2,5} = 1440 \text{ ks} \quad (6.4)$$

$$X = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot 100 = \frac{620}{1440} \cdot 100 = 43,06 \% \quad (6.5)$$

Po provedení všech výše uvedených změn by mělo dojít k zvýšení produktivity přibližně o 43%, a také se vyřeší problémy s bezpečností práce a tím dojde ke snížení rizika poranění pracovníka.

7 Závěr

Ve své bakalářské práci jsem se zabýval historií ergonomie, od jejího vzniku přes následný vývoj, až po ergonomii v současné době, poté jsem naznačil co ergonomie je, a jaké jsou její hlavní cíle.

V dalším bodě své práce jsem uvedl několik základních a nepoužívanějších přehledů ergonomických metod. Jako příklad bych uvedl metodu sběru informací a pracovní činnosti, která se zabývá například časovými a pohybovými studii a bezpečností práce. Dále metodu hodnocení pracovní zátěže, pomocí této metody se řeší zdravotní a psychický stav pracovníka, či vnější podmínky práce, které na něj působí. Další, často používanou metodou je metoda používaná při projektování a racionalizaci pracovišť, ve které se řeší například rozměrové řešení a vybavenost pracoviště. V neposlední řadě bych se zmínil o metodě hodnocení pracovních prostředků, ve které je popsána problematika místa na pracovišti, strojů a pracovních strojů a nástrojů. V dalších metodách se řeší bezpečnost a ochranné pomůcky pracovníka, faktory ovlivňující jeho zdravotní a psychický stav, jako je například chvění, hluk, záření, vlhkost a další.

Dále jsem vypracoval specifikaci problémového pracoviště, kde jsem uvedl jako hlavní problémy práci v sedě, nevyhovující pracovní plochu, chybějící boxy na materiál, nevhodný způsob pohonu, příliš malé výrobní množství.

Problémové pracoviště bylo následně rozpracováno za pomoci simulace v programu Tecnomatix Jack. Tento program je komplexní trojrozměrný simulační nástroj, který umožňuje simulovat, kontrolovat, analyzovat a následně optimalizovat působení pracovního místa a vykonávané činnosti na pracovníka. Najde své využití v mnoha různých oborech, nejvíce je však využíván ergonomií, technologií, konstruktéry, odborníky na montáže, techniky BOZP a lékaře.

Pracovní místo, které bylo za pomoci ergonomie optimalizováno nebylo v simulačním programu vytvořeno zcela dle mých představ z důvodu nedostatečně

plné verze programu s neúplnou knihovnou. Simulaci by bylo možné dotvořit a doplnit v delším časovém období, které nám nebylo především z technických důvodů umožněno.

V podniku pracujícím ve strojírenském průmyslu jsem doporučil několik změn, vedoucích k zlepšení pracovního místa z ergonomického hlediska. Dále dojde ke zvýšení objemu výroby, a také se odstraní problémy s bezpečností práce.

8 Seznam použité literatury

- [1] MAREK, J., SKŘEHOT, P., *Základy aplikované ergonomie*, Vyd. I. Praha: VÚBP, v.v.i., 2009. ISBN 978-80-86973-58-6
- [2] GILBERTOVÁ, S., MATOUŠEK, O., *Ergonomie optimalizace lidské činnosti*, Vyd. I. Praha: Grada Publishing a.s., 2002. ISBN 80-247-0226-6
- [3] CHUNDELA, L., *Ergonomie*, Vyd. I. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02301-X
- [4] *Wikimedia Foundation Inc.* [online]. Dostupné z: <<http://www.wikipedia.org>> [cit. 2011-3-21]
- [5] KRÁL, M., *Ergonomie a její užití v technické praxi*, Vyd. I. Ostrava: Nakladatelství AKS splo. s r. o., 1994. ISBN 80-85798-35-7
- [6] KRÁL, M., *Ergonomie a její užití v technické praxi II*, Vyd. Ostrava: Alexandr Vávra – VAVA, 1998. ISBN 80-86168-04-2
- [7] *AXIOM TECH s.r.o.* [online]. Dostupné z: <<http://www.axiomtech.cz>> [cit. 2011-5-4]
- [8] *Manutan s.r.o.* [online]. Dostupné z: <<http://www.manutan.cz>> [cit. 2011-5-4]
- [9] *Interarch s.r.o.* [online]. Dostupné z: <<http://www.nabytek-interarch.cz>> [cit. 2011-5-5]
- [10] *GETA Centrum s.r.o.* [online]. Dostupné z: <<http://www.getacentrum.cz>> [cit. 2011-5-4]
- [11] Tecnomatix Jack [DVD]. Verze 7.0. Global copyright: 2011 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc.
- [12] *Siemens Inc.* [online]. Dostupné z: <<http://www.siemens.com>> [cit. 2011-5-17]

Poděkování

Na samotný závěr této práce bych rád poděkoval Ing. Vladimíře Schindlerové za vedení, podporu, cenné rady a poznámky při tvorbě mé bakalářské práce. Rovněž děkuji panu Ing. Petru Jalůvkovi za svůj čas, odborné rady a veškerou pomoc při řešení zadaného problému.